



III-153 - ESTUDO DA FITOTOXICIDADE EM UM BIORREATOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE – PB

Lilyanne Rocha Garcez⁽¹⁾

Mestra em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande. Pós-graduada em Administração de Empresas pela Fundação Getúlio Vargas. Engenheira Civil pela Universidade Federal do Amazonas.

Roberta Costa Meira

Mestra em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande. Engenheira Civil pela Universidade Federal de Campina Grande.

Roberta Raphaela Fraga

Graduanda em Enfermagem pela Universidade Estadual da Paraíba

Giovana dos Santos Sales

Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba

Veruschka Escarião Dessoles Monteiro

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Professora da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande.

Endereço⁽¹⁾: Rua Claudino Gomes de Oliveira, 1045, Bairro: Liberdade. Campina Grande – Paraíba – Brasil. CEP: 58.414 - 290 – Tel: (83) 9916-7599 – E-mail: lrgarcez@hotmail.com

RESUMO

A presença de componentes tóxicos nos resíduos sólidos urbanos (RSU) afeta o desenvolvimento da degradação desses resíduos, pois pode inibir o crescimento microbiano. Este trabalho teve como objetivo avaliar a quantidade de metais presentes nos resíduos demonstrando a interferência desses componentes nos testes de fitotoxicidade. O monitoramento do biorreator (lisímetro) envolveu coleta periódica de amostras sólidas para análises laboratoriais de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg), micronutrientes (Cu, Zn, Mn e Fe), metais pesados (Cd, Cr, e Pb) e testes de fitotoxicidade. As concentrações dos metais analisadas demonstraram toxidez ao meio interno dificultando a biodegradação da massa de lixo depositada no lisímetro, pois os testes de fitotoxicidade apresentaram valores que indicam níveis de toxidez presentes na massa de lixo.

PALAVRAS-CHAVE: Biorreator, Toxicidade, Resíduos Sólidos Urbanos.

INTRODUÇÃO

Atualmente a gestão de RSU se agrava não só pela quantidade de resíduos gerados, mas porque esses resíduos possuem cada vez mais substâncias que apresentam propriedades tóxicas.

A identificação dos contaminantes responsáveis pela toxidez é extremamente difícil, devido o número restrito de componentes químicos detectados por análises de rotina, a complexidade dos resíduos e a incerteza de sua biodisponibilidade. Portanto, a avaliação de identificação da toxidez é uma ferramenta para detectar e identificar os agentes tóxicos (LINS, 2005).

Neste trabalho a proposta para analisar os testes de fitotoxicidade feitos com resíduos foi por meio da construção de um biorreator (lisímetro), em escala experimental, que segundo Monteiro (2003) pode sugerir através do seu monitoramento os possíveis ajustes que poderão ser aplicados em escala real.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a quantidade de metais presentes nos resíduos demonstrando a interferência desses componentes nos testes de fitotoxicidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

CAMPO EXPERIMENTAL

A pesquisa foi desenvolvida através da construção e monitoramento de uma célula experimental (lisímetro), simulando uma célula de aterro sanitário. O lisímetro foi construído no campo experimental EXTRABES (Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários), que é um núcleo de pesquisa pertencente à Universidade Federal de Campina Grande e Universidade Estadual da Paraíba, localizado em um terreno pertencente à Companhia de Água e Esgoto do Estado da Paraíba – CAGEPA.

CONSTRUÇÃO DO BIORREATOR (LISÍMETRO)

O lisímetro foi construído a partir da adaptação de duas manilhas em concreto armado e as suas dimensões foram: uma altura de 2,15m, diâmetro interno de 1,00m e um volume aproximado de 1,70m³ (Figura 1). A estrutura foi apoiada sobre uma base de concreto, fixada com auxílio de argamassa. Para a impermeabilização da base e cobertura do lisímetro foi utilizada uma camada de solo com uma altura de 0,25m e 0,15m, respectivamente, com características de impermeabilidade, compactado em sua umidade ótima com soquete manual de 0,25m de diâmetro.

A estrutura do lisímetro foi constituída de um sistema de drenagem de um tubo de PVC apoiado sobre o solo compactado e sobre uma camada de pedra britada utilizada para promover a drenagem de toda a célula experimental.

A instrumentação instalada no lisímetro foi baseada na literatura técnica e na instrumentação utilizada para monitoramento de aterros sanitários, sendo feitas algumas adaptações às características do lisímetro para melhor obtenção dos dados. O lisímetro foi dotado de sistemas de drenagens de líquidos e gases, medição do nível de líquidos através de um piezômetro, medidores de recalque superficiais e em profundidade por meio de placas circulares e medidores de temperatura (termopares) ao longo da profundidade.

O orifício para a coleta e obtenção das amostras de resíduos possuía um diâmetro de 0,05m sendo a abertura inferior posicionada a uma altura de 0,8m da base e a abertura superior a 1,48m da base. Por meio dos orifícios foram obtidas duas amostras por coleta, designadas como amostra superior e amostra inferior.

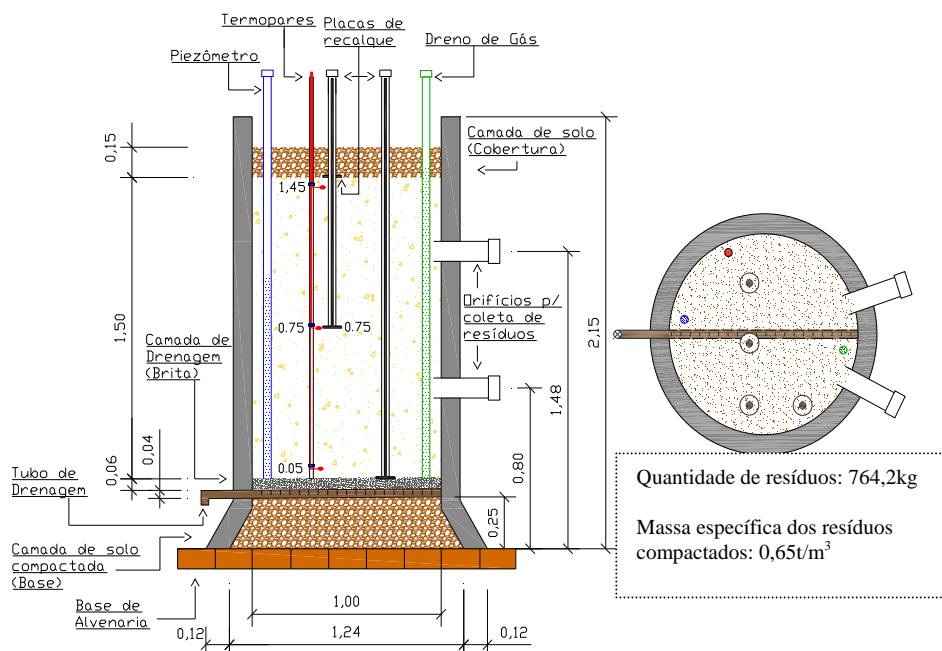


Figura 1: Desenho esquemático do lisímetro. Fonte: Leite (2008)



CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

Objetivando uma amostra representativa dos RSU da cidade de Campina Grande, foi utilizado para o preenchimento do lisímetro resíduos provenientes de três bairros de classes sociais distintas, incluídos em uma mesma rota de coleta definida pelo departamento de limpeza urbana do município, sendo estes bairros: Mirante (classe alta), Catolé (classe média) e Conjunto Argemiro Figueredo situado no bairro Sandra Cavalcanti (classe baixa).

Esses resíduos foram devidamente homogeneizados e após a pesagem, lançados no lisímetro em camadas de 0,10m e compactado manualmente, com massa específica aproximadamente igual à de aterros sanitários no Brasil. Juntamente com a colocação do lixo foi instalada a instrumentação necessária ao monitoramento do lisímetro.

As amostras foram retiradas utilizando um amostrador confeccionado pelo grupo de pesquisa da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Retirava-se em cada orifício aproximadamente 500g de resíduos que foram picotadas em tamanho de 50mm aproximadamente, e após a picotagem, as amostras foram armazenadas para as análises de laboratório.

TESTES DE FITOTOXICIDADE NOS RESÍDUOS

Os ensaios de fitotoxicidade foram realizados segundo Tíquia & Hodgkiss (1996). O procedimento para as análises consistiu em semear sementes de repolho (*Brassica oleraceae*) em amostras de resíduos coletados no lisímetro nas porções inferior e superior.

O processo de diluição realizou-se com 10g de resíduos sólidos e 90ml de água destilada. Com isso a solução diluída foi transferida para um frasco kitassato e fez-se o processo de filtração em um frasco erlenmeyer. Após realização das diluições decimais decrescentes entre 10^{-4} a 10^{-6} , transferiu-se as diluições para placas de petri contendo cada uma delas 20 sementes, refazendo-as em triplicata.

A desinfecção das sementes antes da inoculação ocorreu em três etapas: lavagem com água estéril, lavagem com hipoclorito de sódio a 2,5% e por fim lavagem com água estéril. Após a desinfecção, as 20 sementes foram colocadas sobre as placas de petri, contendo papéis de filtro, as quais receberam 10ml de cada diluição e em seguida, as placas foram incubadas entre 20°C e 22°C durante 5 dias. Realizou-se também uma amostra controle onde as sementes foram colocadas em placa de petri contendo um papel de filtro e água destilada.

Por meio desse procedimento (Figura 2), observou-se a quantidade de sementes germinadas e o comprimento da raiz. Os parâmetros analisados nos testes de fitotoxicidade foram, em porcentagem, a germinação relativa das sementes (GRS) demonstrada por meio da Equação 1 e o crescimento relativo da raiz (CRR) demonstrado por meio da Equação 2.

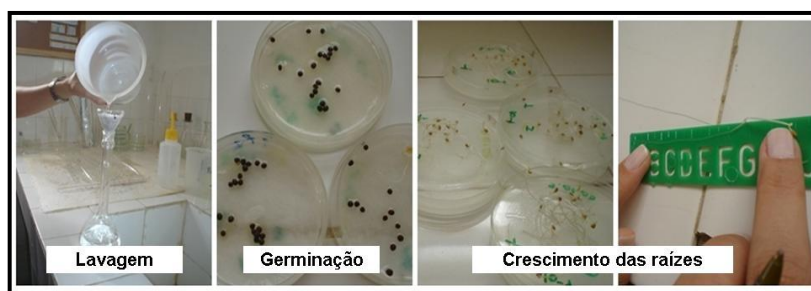


Figura 2: Teste de fitotoxicidade nos resíduos

▪ Germinação Relativa da Semente (GRS):

$$GRS(\%) = \frac{\text{número de sementes germinadas}}{\text{número de sementes germinadas no controle}} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

■ Crescimento Relativo da Raiz (CRR):

$$CRR(\%) = \frac{\text{média do comprimento da raiz}}{\text{méd. do compr. da raiz do controle} \sqrt{\text{cresc. da raiz do controle}}} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

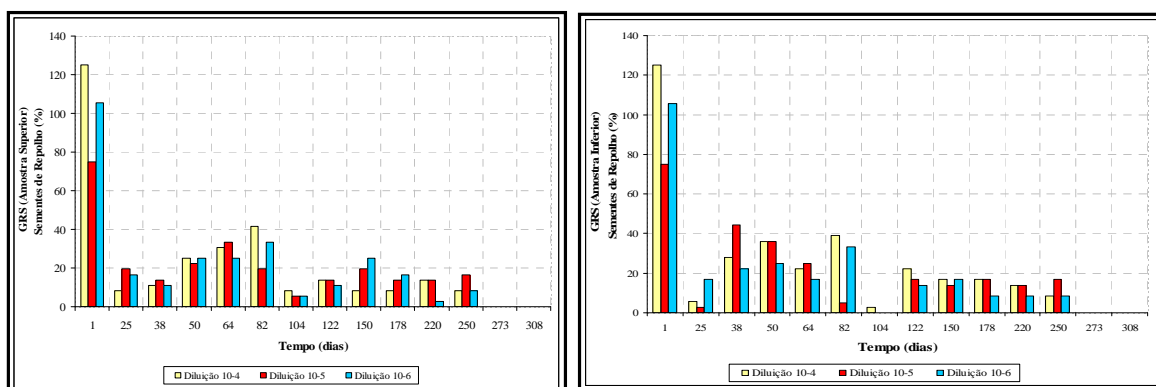
ANÁLISES PARA A DETERMINAÇÃO DE METAIS

Foram picotadas 200 gramas das amostras coletadas e levadas à estufa a 65°C por aproximadamente 24h. Após esse procedimento as amostras foram direcionadas para serem moídas e posteriormente digeridas para a determinação de macronutrientes (nitrogênio total kjeldahl, fósforo, potássio, cálcio e magnésio), micronutrientes (cobre, ferro, manganês e zinco) e metais pesados (cádmio, cromo e chumbo) segundo a metodologia de Tedesco *et al.* (1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

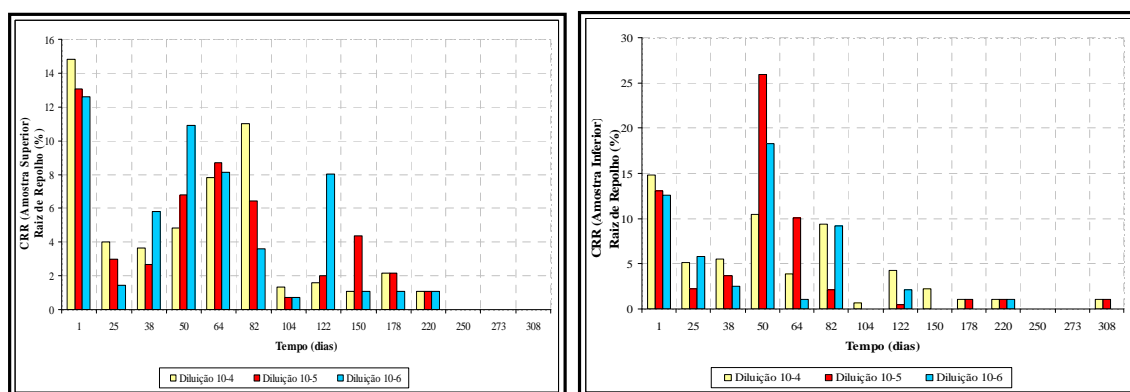
RESULTADOS COM OS TESTES DE FITOTOXICIDADE

As Figuras 3 e 4 mostram, respectivamente, os resultados dos ensaios de fitotoxicidade através da germinação relativa da semente (GRS) e o crescimento relativo da raiz (CRR), feitos com as sementes de repolho em diferentes diluições de resíduos sólidos, tanto para as amostras superiores (a) quanto as inferiores (b).



(a) GRS – Amostra Superior

(b) GRS – Amostra Inferior

Figura 3: GRS para as sementes de repolho em diferentes diluições


(a) CRR – Amostra Superior

(b) CRR – Amostra Inferior

Figura 4: CRR para as raízes de repolho em diferentes diluições

A maioria dos valores em percentual da germinação relativa para as sementes, conforme demonstrado na Figura 3, foi abaixo de 40% tanto para a amostra superior (a) quanto para a amostra inferior (b), exceto para a primeira coleta que foi a amostra retirada no momento do enchimento do lisímetro, onde o percentual mostrou-se elevado quando comparado com os demais valores encontrados. Esse percentual elevado no



enchimento do lisímetro pode ser justificado pelo tempo de disposição dos resíduos nas lixeiras até o momento do preenchimento do lisímetro, que pode não ter propiciado uma interação dos componentes tóxicos nos resíduos, favorecendo a elevada germinação das sementes.

Os valores do percentual de crescimento relativo das raízes, conforme demonstrado na Figura 4, ocorreram diferentes oscilações para a amostra superior (a) e inferior (b) e para as últimas amostras coletadas os percentuais foram praticamente nulos, demonstrando que não houve crescimento das raízes, indicando que existe toxicidade elevada no interior do lisímetro, ocasionando a inibição do crescimento das raízes.

A semente de repolho demonstrou sensibilidade por meio dos resultados obtidos nos testes de fitotoxicidade. Segundo diversos autores citados por Leite (2008), a semente de repolho é sensível, por ser uma semente muito pequena, portanto, possui pequenas quantidades de reservas de alimentos, necessitando rapidamente de fontes externas de nutrientes. Contudo, o autor afirma que, a sensibilidade de uma espécie de planta também pode depender da tolerância à toxicidade.

Observou-se que houve similaridade nos testes de toxicidade apresentados por Melo (2003), em relação aos índices de germinação da semente que foram maiores que o crescimento das raízes, isto pode ser explicado pelo fato que a germinação é dependente de água. Como sugere a literatura técnica entre os fatores do ambiente, a água é o fator que mais influencia o processo de germinação. Com a absorção de água ocorre a reidratação dos tecidos e, conseqüentemente, a intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas que resultam com o fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada do crescimento por parte do eixo embrionário.

RESULTADOS PARA OS MACRONUTRIENTES (N, P, K, Ca e Mg)

Os valores para o Nitrogênio Total Kjeldahl oscilaram entre 5g/kg e 14g/kg sendo a maioria dos valores abaixo do valor encontrado inicialmente que foi de 13g/kg, já o de fósforo foi de 1,1g/kg. Posteriormente houve uma elevação dessa variável, alcançando valores aproximados de 2,0g/kg. Após o período inicial as oscilações ocorreram tanto para a amostra superior, quanto para a inferior, mas os valores máximos não ultrapassaram a 7g/kg e os mínimos foram sempre maiores que 0,5g/kg. As concentrações de potássio apresentaram inicialmente um valor de 4,8g/kg e posteriormente as elevações aconteceram durante todo o período de monitoramento alcançando valores de 14,3g/kg para a amostra superior e 17,6g/kg para a amostra inferior.

A variação do teor de cálcio foi entre 2g/kg e 24g/kg para a amostra superior e 2g/kg e 18g/kg para a amostra inferior, sendo que a maioria dos valores está na faixa de 5 g/kg e 10g/kg. O teor de magnésio variou entre 1g/kg e 6g/kg para a amostra superior e 1g/kg e 8g/kg para a amostra inferior, sendo que a maioria dos valores estão entre a faixa de 2g/kg e 4g/kg de resíduos sólidos. Observou-se uma estabilidade nas concentrações de cálcio e uma pequena elevação para o teor de magnésio durante todo o período de monitoramento.

Alcântara (2007) em seus estudos com lisímetros obteve um valor elevado para os teores de macronutrientes e a partir de 200 dias de monitoramento houve um decréscimo onde ocorreu uma estabilidade desses valores. O autor justifica o decréscimo dos valores a partir do momento em que o pH se aproxima da neutralidade e a estabilidade dos teores enquanto o pH se manteve na faixa de basicidade. Segundo Leite (2008), as concentrações registradas para os macronutrientes estão de acordo com diversos autores em estudos feitos com resíduos sólidos.

RESULTADOS PARA OS MICRONUTRIENTES (Cu, FeE, Mn e Zn)

A Figura 5 (a), (b), (c) e (d) apresenta o teor de micronutrientes durante o período de monitoramento do lisímetro.

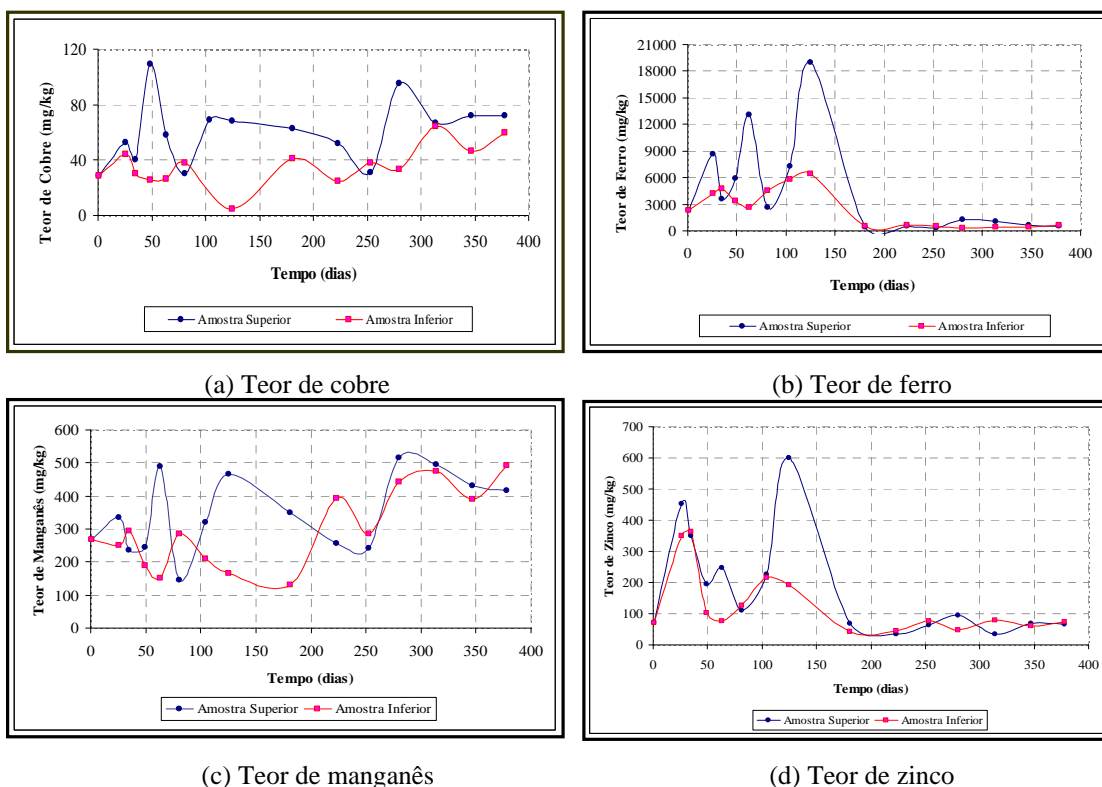


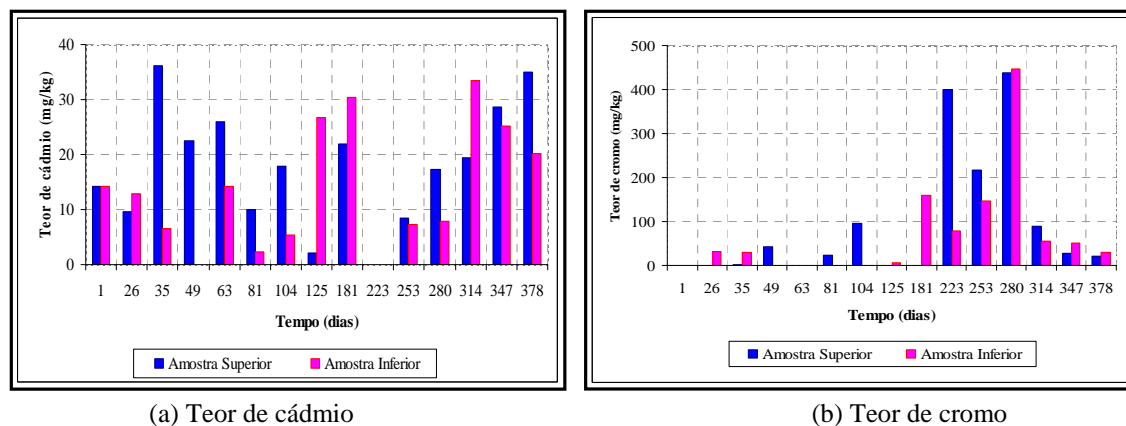
Figura 5: Teor de cobre (a), ferro (b), manganês (c) e zinco (d) durante o monitoramento do lisímetro

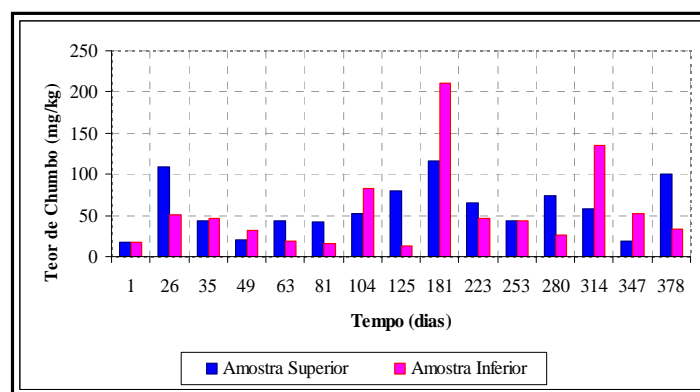
De acordo com a Figura 5 os valores do cobre (Figura 5a) estão entre 4mg/kg e 120mg/kg. A variação da concentração obtida para o ferro (Figura 5b) foi entre 320mg/kg e 19.000mg/kg, para o magnésio (Figura 5c) entre 130mg/kg e 515mg/kg e para o zinco (Figura 5d) entre 33mg/kg e 600mg/kg. Foram verificadas maiores oscilações nos períodos iniciais e uma provável estabilidade nos últimos períodos onde a maioria dos valores permaneceu entre 40mg/kg e 80mg/kg para cobre, entre 320mg/kg e 1300mg/kg para o ferro, entre 300mg/kg e 520mg/kg para o manganês e a maioria dos valores permaneceu entre 30mg/kg e 100mg/kg para o zinco.

De acordo com Garcia *et al.* (1990) *apud* Nascentes (2006), o cobre e o magnésio são nutrientes indispensáveis às plantas e aos seres humanos, quando em baixas concentrações, mas adquire propriedades tóxicas quando em concentrações elevadas.

RESULTADOS PARA OS METAIS PESADOS (Cd, Cr e Pb)

A Figura 6 (a), (b) e (c) apresenta o teor dos metais pesados durante o período de monitoramento do lisímetro.





(c) Teor de chumbo

Figura 6: Teor de cádmio (a), cromo (b) e chumbo (c) durante o monitoramento do lisímetro

Conforme apresentado na Figura 6 o teor de cádmio (Figura 6a) variou entre 0mg/kg e 37mg/kg havendo oscilações dos valores durante o período de monitoramento. O teor de cromo (Figura 6b) apresentou valores nulos inicialmente e após 150 dias de monitoramento uma grande elevação alcançando valores próximos a 450mg/kg e após 300 dias esse elemento decresceu permanecendo entre os valores 20mg/kg e 90mg/kg. A maioria dos valores para a concentração do teor de chumbo (Figura 6c) foi abaixo de 100mg/kg, sendo que em alguns pontos, esse elemento alcançou valores entre 100mg/kg e 210mg/kg.

Observou-se que, de uma maneira geral, os valores para o cádmio e o cromo no interior do lisímetro estão acima dos valores encontrados por diversos autores em suas pesquisas com resíduos sólidos. Esses valores podem ser justificados pela excessiva quantidade de plásticos que é fonte de cádmio e também pela grande quantidade de matéria orgânica que é fonte de diversos metais, dentre eles o cromo.

O valor do chumbo está semelhante com os valores encontrados em diversos estudos com resíduos sólidos.

Relacionando os teores de metais com os testes de toxicidade observou-se que os teores de cobre e manganês tenderam a se estabilizar, ocorrendo uma alteração desses elementos no decorrer do tempo. Entretanto, esses teores podem estar inibindo a germinação das sementes de repolho para as últimas amostras coletadas.

Verificou-se uma elevação do teor de cromo para os últimos dias de monitoramento de acordo com as Figuras 3 e 4 onde há inibição para a germinação da semente e para o crescimento das raízes durante esse período.

Wong *et al.* (2001) *apud* Lins (2005) afirmam que o teor de cromo é um dos maiores inibidores do crescimento da raiz de repolho, onde verificou-se por meio dos testes de fitotoxicidade que houve uma diminuição da germinação das sementes e do crescimento das raízes durante os períodos onde existiram os maiores teores de cromo.

Os resultados obtidos por Melo (2003) para a germinação da semente e o crescimento das raízes, foram inferiores aos do lisímetro em estudo, em que a germinação variou entre valores próximos de 120% e o comprimento da raiz com valores próximos a 60% para a diluição 10^{-1} . O autor cita que suas análises foram feitas com resíduos mais maduros, ressaltando que a célula de lixo encontrava-se na fase metanogênica de degradação, e, por conseguinte, o resíduo era menos tóxico.

No lisímetro em estudo a degradação está em transição da fase acetogênica para a fase metanogênica e segundo Sisino (1995), a concentração de metais pode variar de acordo com o estágio de decomposição do resíduo, sendo maiores durante a fase acetogênica, quando estes elementos estão mais solúveis e menores nas últimas fases de estabilização, fase metanogênica, quando o pH normalmente é mais alcalino.

De maneira geral, a toxicidade para ambos os parâmetros (germinação e crescimento da raiz) pesquisados nos testes demonstraram uma diminuição no decorrer do tempo, apontando para altos níveis de toxidez presentes na massa de lixo.



Vale salientar que no lisímetro em estudo as diluições foram de 10^{-4} a 10^{-6} , indicando uma maior concentração de componentes tóxicos que só permitiu a germinação das sementes e o crescimento das raízes em amostras mais diluídas.

Nieweglowski & Silva (1999) *apud* Rodrigues (2005) em análises com lixiviados e esgotos comentam que não é possível correlacionar o efeito tóxico de uma substância individual com um efluente que apresente em sua composição esta substância, pois a toxicidade é uma resposta da interação sinérgica ou antagônica das substâncias e cada amostra é praticamente única em sua composição, sendo que o efeito tóxico medido refere-se à interação das inúmeras substâncias existentes na amostra.

Entretanto, é importante ressaltar que o teste de fitotoxicidade é um indicador do nível de contaminação e bioestabilização, e existem diversos componentes e compostos que interferem nos índices calculados para esse teste, inclusive outros parâmetros que não foram discutidos neste trabalho, podem estar presentes no lisímetro e interferir nos resultados finais do teste de fitotoxicidade.

CONCLUSÕES

- Os teores de nitrogênio, cálcio, magnésio, ferro e zinco apresentaram valores semelhantes aos obtidos por diversos autores em seus estudos com resíduos sólidos, indicando que esses teores estão propiciando as atividades biodegradativas por servirem de nutrientes aos microrganismos.
- Os teores de micronutrientes apresentaram inicialmente maiores oscilações e posteriormente uma leve demonstração de estabilidade, podendo essa estabilidade ser justificada pela diminuição da acidez e adaptação dos microrganismos no interior da massa de resíduo.
- Em relação aos testes de fitotoxicidade, os teores de fósforo, potássio, cobre e manganês, obtiveram elevações no decorrer do tempo, e, apesar de serem nutrientes, podem ter atuado como componentes tóxicos, em que provavelmente prejudicaram a germinação das sementes e o crescimento das raízes para os últimos dias de monitoramento.
- Os teores de cádmio e cromo são elevados quando comparados com estudos em diversos aterros de resíduos sólidos e provavelmente estão causando toxidez ao meio destacando esses teores como principais componentes tóxicos no interior do lisímetro, pois esses elementos demonstraram interferência nos testes de fitotoxicidade para a semente de repolho através das Figuras apresentadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALCÂNTARA, P.B. Avaliação da Influência da Composição de Resíduos Sólidos Urbanos no Comportamento de Aterros Simulados. Tese de Doutorado. UFPE. 2007
2. LEITE, H.E.A.S. Estudo do comportamento de aterros de RSU em um bioreator em escala experimental na cidade de Campina Grande - Paraíba. Dissertação de Mestrado. UFCG. 2008.
3. LINS, M.C.M. Avaliação Microbiológica e Fitotóxica do Chorume da Estação de Tratamento do Aterro da Muribeca – PE. Dissertação de Mestrado. UFPE. 2005.
4. MELO, M.C. Uma análise de recalques associada a biodegradação no aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca. Dissertação de Mestrado, UFPE, 2003.
5. MONTEIRO, V.E.D. Interações físicas, químicas e biológicas na análise do comportamento do aterro de resíduos sólidos da Muribeca. Tese de Doutorado. UFPE. 2003.
6. NASCENTES, R. Estudo da mobilidade de metais pesados em um solo residual compactado. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa. 2006.
7. RODRIGUES, N.L.V.B. Testes de toxicidade aguda através de bioensaios no extrato solubilizado dos resíduos Classe II A – não inertes e Classe II B – inertes. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná. 2005.
8. SISINO, C.L.S. Estudo Preliminar da Construção Ambiental em Área de Influência do Aterro Controlado do Morro do Céu – Niterói RJ. Dissertação de Mestrado. FIOCRUZ. 1995.
9. TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.L.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de Solo, Plantas e Outros Materiais. UFRGS. 1995.
10. TÍQUIA, S.M.; N.F.Y & HODGKISS, I.J. Effects of Composting on Phytotoxicity of Spent Pig-manure Sawdust Litter. Hong Kong. 1996.